

胡丹萍,陶学明.基于改进遗传算法的地震后重建工程造价模型改进设计[J].地震工程学报,2018,40(4):848-852,866.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2018.04.848

HU Danping, TAO Xueming. Improved Construction Cost Model for Post-earthquake Reconstruction Based on Improved Genetic Algorithm[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2018, 40(4): 848-852, 866. doi: 10.3969/j.issn.1000-0844.2018.04.848

基于改进遗传算法的地震后重建工程造价模型改进设计

胡丹萍¹, 陶学明²

(1. 泸州职业技术学院建筑工程系, 四川 泸州 646005; 2. 西华大学土木建筑与环境学院, 四川 成都 610039)

摘要: 传统依据BP神经网络的地震后重建工程造价模型求导运算过程复杂,收敛效率较低,造价结果准确性低。提出基于改进遗传算法的地震后重建工程造价模型,结合地震后重建工程造价的影响因素,通过算法优化造价模型,选择更好的造价模拟数据,模拟数据构建造价函数模型,利用 T 系数运算分析造价函数模型数据,采用二进制计算规律对造价函数的数据参数实施拟定,通过公式演算获取高精度的数据参数值,得到精确的造价数据。实验结果表明:所设计的模型能够准确、快速的对地震后重建工程造价进行预算。

关键词: 地震后重建; 工程造价; BP神经网络; 收敛速度; 优化函数; 改进遗传算法

中图分类号: TU375.4

文献标志码: A

文章编号: 1000-0844(2018)04-0848-06

DOI: 10.3969/j.issn.1000-0844.2018.04.848

Improved Construction Cost Model for Post-earthquake Reconstruction Based on Improved Genetic Algorithm

HU Danping¹, TAO Xueming²

(1. Department of Architectural Engineering, Luzhou Vocational and Technical College, Luzhou, 646005, Sichuan, China;

2. College of Civil Architecture and Environment, Xihua University, Chengdu 610039, Sichuan, China)

Abstract: The traditional model used for computing the costs of post-earthquake reconstruction projects is based on the back-propagation neural network. It requires a complex computation process and provides low convergence efficiency and low-accuracy results. In this work, a model based on the improved genetic algorithm for computing the costs of post-earthquake reconstruction projects is proposed. The cost model is optimized in accordance with the factors that influence the cost of post-earthquake reconstruction projects, and the cost function model is established with superior cost simulation data. The data of the cost function model are analyzed on the basis of the T coefficient, and the data parameters of the cost function model are determined on the basis of the binary calculation law. Then, data parameters with high precision are obtained through formula calculus, and accurate cost data are obtained. Experimental results show that the designed model can accurately and quickly estimate the cost of post-earthquake reconstruction projects.

收稿日期: 2017-08-20

基金项目: 国家自然科学基金(11647058); 四川省教育厅批准项目(XM2-69)

第一作者简介: 胡丹萍(1986-), 女, 硕士, 讲师, 研究方向: 工程造价与建筑施工。E-mail: hdpf520@163.com。

Keywords: post-earthquake reconstruction; construction cost; BP neural network; convergence rate; optimization function; improved genetic algorithm

0 引言

我国处于地震频发地区,地震灾害导致人民生命安全受到危害的同时也造成灾害地区大范围内不同功能的工程构造遭到一定的破坏或损毁^[1],不仅使人民生活受到影响,更有可能造成二次灾害^[2]。地震发生后,国家政府机关除紧急救援外,应首要考虑受到损坏的水电、交通、医疗及通讯等生活中不可缺少的资源工程的重建^[3],合理高效地进行工程重建使人民生活的基本条件得以保证。地震后快速、准确地预算重建工程造价是实施重建工程的必要基础^[4],对地震后重建工程的开展效率,重建工程造价的合理支配以及重建工程造价监管的强化起到积极作用^[5]。

以往研究人员给出的地震后重建工程造价模型存在较多的问题,如周昊等^[6]提出基于工程量清单计价模式的输变电工程造价风险评估模型,该模型对震后重建输变电工程造价进行预算需要完整的、高精度的工程量清单才能够进行,实用性差;梁喜等^[7]基于模糊神经网络的建筑工程造价预测模型,确定BP神经网络层数和节点数目进行震后重建工程造价预算,此模型容易陷入局部极小值,收敛速率差;闫亚飞等^[8]基于ANN建立电力工程造价预测模型,利用历史数据对网络进行训练得到最优网络从而实现震后重建电力工程造价的预算,误差较大;刘卫东等^[9]基于ARIMA-ES混合模型的电网工程造价指数预测,通过编制造价指数,构建造价指数数学模型对震后重建电网工程造价实施预算,由于生产力水平以及市场供求关系的不同,该模型具有一定局限性。

针对以上问题,本文通过划分地震后重建工程造价影响因素的类型,分析传统基于BP神经网络算法的地震后重建工程造价模型,针对其缺陷提出改进遗传算法的地震后重建工程造价模型,通过加快算法的收敛速度、模拟造价数据以及确定模型参数实现高效、准确的地震后重建工程造价预算。

1 基于改进遗传算法的地震后重建工程造价模型

1.1 地震后重建工程造价影响因素分析

对地震后重建工程造价进行预算的过程十分繁杂,主要原因是其受大量的重要因素影响^[10]。进行

造价预算时,需要针对地震区域受灾情况,同时对国家政府、震区人民的经济条件、震前的工程建筑结构状态以及国家政策等相关信息进行汇总^[11]。为了明确体现不同重要影响因素的特征,将地震后重建工程造价重要影响因素划分为三类,即:地震特性类因素、震前工程建筑结构状态类因素、政治经济人文资料类因素。

1.2 基于BP神经网络的地震后重建工程造价模型

在分析地震后重建工程造价影响因素的基础上^[12],通过灰色关联度理论择取14个对地震后重建工程造价有影响的重要因素作为输入层节点,地震后重建工程造价作为输出层节点,依据以往经验和对BP神经网络层数及节点数多次计算,确定如图1所示的14-11-1BP神经网络预测模型,即:输入层含14个节点,隐含层含11个节点,输出层含1个节点。

1.3 基于改进遗传算法的地震后重建工程造价模型

1.3.1 选择策略设计

由于BP神经网络算法的输入层选择多节点,获取最佳结果的过程中要循环进行多次计算,造成其收敛速度慢,容易落进局部最小值^[13],根据以往研究^[14],本文对遗传算法进行改进,提高其收敛效率。通过选择策略选择更好的造价模拟数据,为塑造工程造价函数模型提供可靠的依据,详细的选择策略内容是:

$f(X)$ 表示 $\{X_1, X_2, \dots, X_n\} \Delta P(0)$ 的适应度函数, 将 $f_0 = \frac{1}{2} \{ \min \{ f(X_i), i = 1, 2, \dots, n \} + \max \{ f(X_i), i = 1, 2, \dots, n \} \}$ 作集合 $H_{f_0} = \{ X_i \in P(0) \mid f(X_i) \leq \bar{f}_0, i = 1, 2, \dots, n \}$, H_{f_0} 表示与 $P(0)$ 相关的 f 的水平集。得到水平集后,将各代种群区别成 H_{f_0} 和 $H_{f_0}^c \Delta P(t) - H_{f_0}$, 其中 $P(t)$ 表示第 t 代种群。

1.3.2 造价函数设计

通过水平集区别各代种群能够对造价仿真数据进行更优的选取,可以供给造价函数模型的应用更好的基础^[15],提高其分析效率。

基于上述选择策略中设置的造价模拟数据,构建造价函数通过改进遗传算法选择二进制或三进制算法,其主要内容是:在造价数据中采用一组 $(\partial_1, l_1), (\partial_2, l_2), \dots, (\partial_N, l_N)$, 用 a, b, α 分别表示数

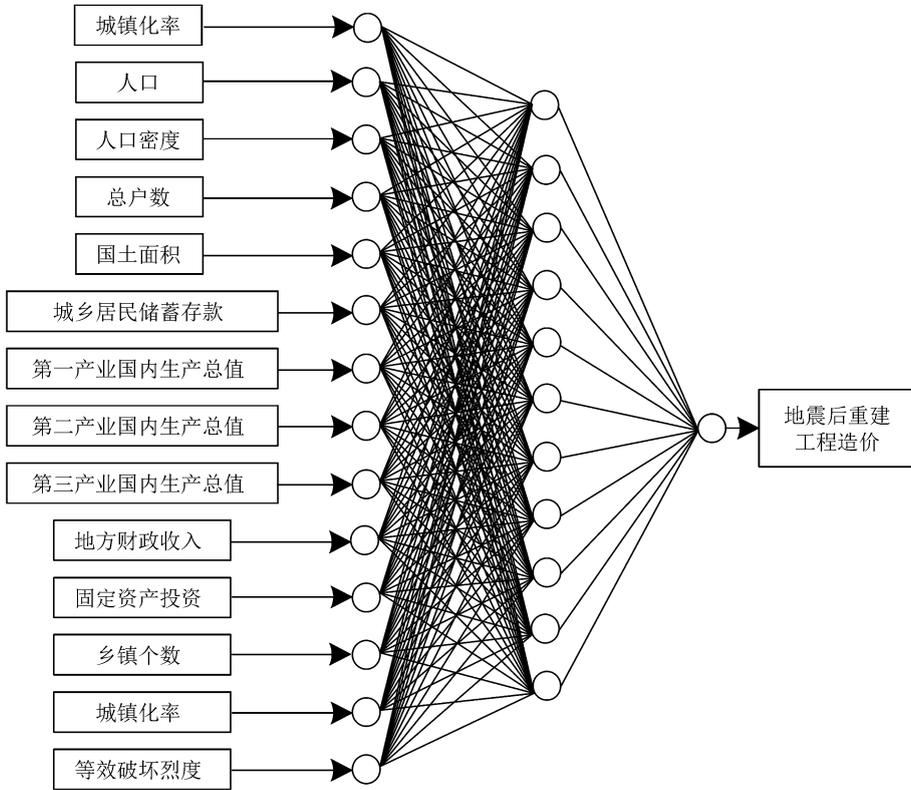


图1 基于BP神经网络算法的造价模型

Fig.1 Cost model based on BP neural network algorithm

据参数,通过造价函数公式 $\vartheta = a + bl_i^a$ 获取运算答案。如果造价预算的 ϑ 与造价实际数据 ϑ_1 相差最小,即 $a + bl_i^a - \vartheta_1$ 绝对值约等于零,同时函数模型公式同实际造价值相差最小,表示造价预算成功。为实现造价函数模型获取的预算值精度更高,采用函数定理“二进制 σ ”统计定义对造价数据进行计算:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^N (a + bl_i^a - \vartheta_1)^2 / N} \quad (1)$$

式中: σ 表示误差值。 σ 值同造价函数模型数据准确度具有反向相关性,造价模型中模拟参数最准确的即为经过循环运算后获取的最小 σ 值。经由上述数据可知,依据改进遗传算法的管理函数方法能够采用造价公式的二进制计算,参数的有效性通过多次运算数据得到保障,提高造价函数模型的运算精度。通过改进遗传算法 T 系数运算定义,可以进一步分析造价函数模型数据,提高其准确性,同时获取对应的参数:

$$T = \sqrt{1 - \frac{\sum [\vartheta_i - (a + bl_i^a)]^2}{\sum (\vartheta_i - \frac{1}{N} \sum \vartheta_1)^2}} \quad (2)$$

式中:在系数计算数值 $T \in [0,1]$ 内,模型造价公式运算结果同造价实际值差通过 T 值的大小体现, T 值越大,表示模拟造价函数模型同造价数据契合度越低;反之, T 值越小,契合度越高,造价预算结果越准确。

由式(1)、式(2)可知:通过造价函数模型数据获取最小误差值,不仅步骤复杂,结果精度也低;采用改进遗传算法可以将函数求导计算这一步骤省略,根据改进遗传算法的二进制计算规律,拟定工程造价函数模型 a, b 参数,通过公式演算得到高精度的 a, b 值,获取最精确的造价数据。图2为本文设计的依据改进遗传算法的造价模型。

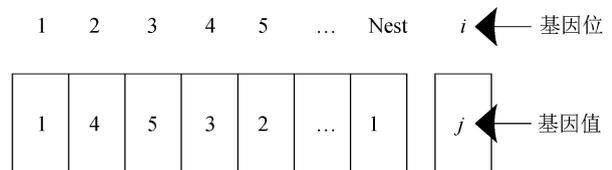


图2 依据改进遗传算法的造价模型

Fig.2 Cost model based on improved genetic algorithm

1.3.3 确立最佳数据参数

在上文造价模型公式中, a, b, α 表示数据参

数。然而造价模型得到肯定前,数据参数的取值界限不能断定,所以根据改进遗传算法的二进制计算规律,在拟定 α 参数值得到肯定的基础上,参考遗传算法二进制规律利用模拟公式通过 α 参数值进行演算获取 a 及 b 的参数值。当 a 及 b 的参数值得到肯定后,选择模拟公式残差平方和 E 值作元算答案:

$$E = \sum_{i=1}^N [\partial_i - (a + bl_i^\alpha)]^2 \quad (3)$$

导出 a 及 b 参数值:

$$\begin{cases} \frac{\beta E}{\beta a} = -2 \sum (\partial_i - a - bl_i^\alpha) \\ \frac{\beta E}{\beta b} = -2 \sum (\partial_i - a - bl_i^\alpha) \times \partial_i \end{cases} \quad (4)$$

当 $\frac{\beta E}{\beta a} = 0, \frac{\beta E}{\beta b} = 0$ 时

$$a = \frac{\sum \partial_i - b \sum l_i^\alpha}{N} \quad (5)$$

$$b = \frac{N \sum \partial_i^\alpha l_i - \sum \partial_i \sum l_i^\alpha}{N \sum \partial_i^{2\alpha} - (\sum \partial_i^\alpha)^2} \quad (6)$$

式中: \sum 表示 $\sum_{i=1}^N$ 的缩写。

在上述公式中, α 是假设数值,经过 α 进行演算得到 a, b 参数值没有代表性,而最后得到的也不是最小误差值。所以,在造价数据中选择多组数据,反复拟定 α 参数值,通过公式演算获取对应的 a, b 参数值,获取高精度的参数值、确保工程造价数据误差值最小。

2 实验分析

为了验证本文设计的依据改进遗传算法的地震后重建工程造价模型的适用性,应用该造价模型分别对 40 组样本和 80 组样本进行预算,将得到的预算值分别与工程实际造价值进行对比,获取误差值,比较结果如表 1 所示。

表 1 误差值对比

Table 1 Comparison between errors

实际造价值 /万元	40 组样本			80 组样本		
	预算结果/万元	误差/万元	误差率/%	预算结果/万元	误差/万元	误差率/%
1 621.2	1 557.61	-63.59	3.56	1 637.5	16.3	0.94
2 735.34	2 845.5	110.16	3.76	2 704.4	-30.94	1.23
1 725.23	1 788.03	62.8	3.31	1 776.2	50.97	2.9
2 635.3	2 526.53	-108.77	3.85	2 626.47	-8.83	0.32
1 927.17	1 829.74	-97.43	4.67	1 916.04	-11.13	0.59
1 712.4	1 801.71	89.31	4.24	1 735.62	23.22	1.04

分析表 1 可知:应用本文设计的造价模型采用 40 组样本条件下得到的误差平均在 4% 左右,而在 80 组样本的条件下误差值缩小到 1% 左右。说明了应用本文设计的造价模型能够对地震后重建工程造价进行有效预算,并且随着样本数量的增加,误差值会降低。

为了确保本文设计的造价模型能够有效、准确地对地震后重建工程造价进行预算,且具有最优性,

以汶川地震为例,分别采用本文模型和依据 BP 神经网络模型、ARIMA-ES 混合模型等不同造价模型对 4 个受灾地区地震后工业工程重建造价进行预算,将得到的预算值与实际值进行对比,结果用表 2 描述。

分析表 2 能够得到:采用本文造价模型得到的 4 个预算值与实际值相差更小,说明使用本文造价模型对地震后重建工程造价进行预算,预算精度更高。

表 2 不同模型得到的地震后工业重建造价实际与预算对照表

Table 2 Comparison between actual and budgetary cost of industrial reconstruction after different earthquakes obtained by different models

地区	重建工业工程 造价实际值 /万元	预算值/万元				
		本文模型	基于 BP 神经网络模型	基于 ANN 的模型	基于 ARIMA-ES 混合模型	基于工程量清单计价模型
汶川	135 046	134 876	142 013	128 034	131 576	139 238
成都	6 781 188	6 762 058	6 156 946	5 931 427	6 620 568	7 103 252
都江堰	257 505	254 649	273 061	193 108	269 137	300 182
大邑县	54 922	54 019	60 534	76 428	51 035	59 614

为了验证本文设计的模型的具有较高的实用性,在收敛速度、抗干扰性及应用范围等性能方面,

将本文设计的造价模型与其他造价模型进行对比,结果如表3所示。

表3 不同造价模型的性能对比

Table 3 Performance comparison of different models

模型	收敛速度	模型结构	抗干扰性	逻辑运算连通性	运算时间	应用范围	发展潜力
本文模型	快	简单	强	一般	短	广	大
基于BP神经网络模型	慢	复杂	弱	一般	长	广	大
基于ANN的模型	慢	复杂	强	好	长	小	小
基于ARIMA-ES混合模型	慢	复杂	弱	差	长	广	小
基于工程量清单计价模型	快	简单	弱	一般	长	小	小

通过表3可知:本文设计的造价模型与其他造价模型相比较,在收敛速度、所用时间及应用范围等几个方面都有较突出的优势,在逻辑运算连通性等方面也相差不多。实验证明:本文设计的造价模型抗干扰性强、运算时间短、应用范围广,具有较高的实用性。

3 结论

本文提出了基于改进传统的BP神经网络算法的地震后重建工程造价模型,结合地震后重建工程造价的影响因素,通过选择策略选择更好的造价模拟数据,确定造价模型数据后,应用造价函数模型,利用T系数运算分析造价函数模型数据,采用二进制或三进制计算算法规律对造价函数的数据参数实施拟定,加入函数定理“二进制 σ ”使造价模型数据更准确。实验结果表明:本文设计的造价模型能够对地震后重建工程造价进行有效预算,误差值较低,预算值精度高,抗干扰性强、运算时间短、应用范围广,具有较高的实用性。

参考文献(References)

[1] 廖奕发,郭阳照,杨冠男,等.黏弹阻尼层设计参数对阻尼填充墙框架抗震性能的影响分析[J].地震研究,2014,37(2):280-287.
LIAO Yifa, GUO Yangzhao, YANG Guannan, et al. Analysis on Influence of Different Design Parameters of Viscoelastic Damping Layer on Seismic Behavior of Damped Infill Wall Frame[J]. Journal of Seismological Research, 2014, 37(2): 280-287.

[2] 岳乌云高娃.地震后重建过程中的建筑最低成本分析[J].地震工程学报,2017,39(6):1150-1155.
YUE Wuyungaowa. Lowest-cost Analysis of Buildings During Post-earthquake Reconstruction [J]. China Earthquake Engineering Journal, 2017, 39(6): 1150-1155.

[3] 代博洋,吴波,卢永坤,等.2016年云龙5.0级地震民房震害对

比分析[J].地震研究,2017,40(2):271-276.
DAI Boyang, WU Bo, LU Yongkun, et al. Seismic Analysis and Comparison of Houses in 2016 Yunlong M5.0 Earthquake [J]. Journal of Seismological Research, 2017, 40(2): 271-276.

[4] 张小平,李小军,李涯,等.不同岩土填海造地对工程场地设计地震动参数的影响[J].世界地震工程,2013,29(3):90-100.
ZHANG Xiaoping, LI Xiaojun, LI Ya, et al. Influence of Marine Reclamation Land with Different Filled Soils on Design Seismic Ground Motion Parameters of Engineering Site [J]. World Earthquake Engineering, 2013, 29(3): 90-100.

[5] DASGUPTA K, MURTY C V R. Improved Geometric Design of Earthquake-Resistant RC Slender Structural Walls. II: Design Implications [J]. Journal of Engineering Mechanics, 2014, 140(5): 04014007.

[6] 周吴,钱亦雯,王闰瑶.基于工程量清单计价模式的输变电工程造价风险评估模型研究[J].现代电子技术,2017,40(18):23-25.
ZHOU Hao, QIAN Yiwen, WANG Runyao. Research on Cost Risk Assessment Model of Power Transmission and Transformation Project Based on Bill-of-Quantity Valuation Mode [J]. Modern Electronics Technique, 2017, 40(18): 23-25.

[7] 梁喜,刘雨.基于模糊神经网络的建筑工程造价预测模型[J].技术经济,2017,36(3):109-113.
LIANG Xi, LIU Yu. Predicting Model for Construction Engineering Cost Based on Fuzzy Neural Network [J]. Technology Economics, 2017, 36(3): 109-113.

[8] 闫亚飞,侯涛,孙勇.挡土墙地震主动土压力计算方法与研究[J].贵州大学学报(自然科学版),2015,32(5):100-104.
YAN Yafei, HOU Tao, SUN Yong. Retaining Wall Seismic active Earth Pressure Calculation Method and Research [J]. Journal of Guizhou University (Natural Science), 2015, 32(5): 100-104.

[9] 刘卫东,石华军,路妍,等.基于ARIMA-ES混合模型的电网工程造价指数预测[J].管理评论,2016,28(3):45-53.
LIU Weidong, SHI Huajun, LU Yan, et al. Study on Grid Engineering Cost Index Forecasting Based on ARIMA-ES Hybrid Model [J]. Management Review, 2016, 28(3): 45-53.

[10] 操双春.基于BIM技术的工程造价管理研究[J].工程经济,2016,26(3):46-47.

- Engineering Geophysics, 2014, 11(6): 762-766.
- [10] 李铁, 蔡美峰. 地震诱发煤矿瓦斯灾害成核机理的探讨[J]. 煤炭学报, 2008, 33(10): 1112-1116.
LI Tie, CAI Meifang. The Mechanism of Earthquake-induced Gas Disaster Nucleation in Coalmines[J]. Journal of China Coal Society, 2008, 33(10): 1112-1116.
- [11] SCHULTZ P S, RONEN S, HATTORI M, et al. Seismic-guided Estimation of Log Properties (Part 1: A Data-driven Interpretation Methodology) [J]. Leading Edge, 1994, 13(5): 305-310.
- [12] HAMPSON D P, SCHUELKE J S, QUIREIN J A. Use of Multi-attribute Transforms to Predict Log Properties from Seismic Data[J]. Geophysics, 2001, 66(1): 220-236.
- [13] 方婷, 解国爱, 王博, 等. 淮北煤田构造特征和形成机制[J]. 煤田地质与勘探, 2017, 45(3): 1-6.
FANG Ting, XIE Guoai, WANG Bo, et al. The Structure Features and Forming Mechanism of Huaibei Coalfield[J]. Coal Geology and Exploration, 2017, 45(3): 1-6.
- [14] 田忠, 张平松, 郭立全, 等. 用测井曲线参数测煤层顶板砂岩层含水性[J]. 黑龙江科技大学学报, 2014, 24(6): 577-580.
TIAN Zhong, ZHANG Pingsong, GUO Liquan, et al. Evaluation of Shaly Sands Aquosity of Coal Seam Roof Using Parameters of Well Logging Curve[J]. Journal of Heilongjiang University of Science and Technology, 2014, 24(6): 577-580.

(上接第 852 页)

- CAO Shuangchun. Research on Engineering Cost Management Based on BIM Technology[J]. Engineering Economy, 2016, 26(3): 46-47.
- [11] 王培先, 王超, 彭立顺. 强震环境下带钢避难建筑抗震模型设计[J]. 地震工程学报, 2018, 40(2): 213-218.
WANG Peixian, WANG Chao, PENG Lishun. Aseismic Model Design of Steel Strip Refuge Buildings under Strong Earthquakes[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2018, 40(2): 213-218.
- [12] 黄恒振. 基于大数据和 BIM 的工程造价管理研究[J]. 建筑经济, 2016, 37(9): 56-59.
HUANG Hengzhen. Research on Project Cost Management Based on Big Data and BIM[J]. Construction Economy, 2016, 37(9): 56-59.
- [13] 李艳. 建筑工程施工造价控制方法与模型研究[J]. 价值工程, 2016, 35(7): 38-40.
LI Yan. Study of the Control Method of Construction Project Cost and Evaluation Model[J]. Value Engineering, 2016, 35(7): 38-40.
- [14] 邱建, 曾帆, 贾刘强. 震后重建规划实践的系统辨析及思维模型[J]. 城市发展研究, 2017, 24(4): 14-21.
QIU Jian, ZENG Fan, JIA Liuqiang. The Systematic Discrimination and Thought Model of Post-earthquake Reconstruction Planning Practices[J]. Urban Development Studies, 2017, 24(4): 14-21.
- [15] 张加庆. 基于大数据的地震损失价值评估模型设计[J]. 地震工程学报, 2018, 40(2): 356-362.
ZHANG Jiaqing. Design of Earthquake Loss Value Evaluation Model Based on Big Data[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2018, 40(2): 356-362.